

УДК 531.6:[1+53+3]

Ч. М. Федаркоў,
кандыдат педагагічных навук,
дацэнт кафедры фізікі і методыкі выкладання БДПУ;
У. А. Якавенка,
кандыдат фізіка-матэматычных навук,
прафесар кафедры фізікі і методыкі выкладання БДПУ

АБ НЕКАТОРЫХ АСПЕКТАХ ТЭРМІНА «ЭНЕРГІЯ» Ў КАНТЭКСЦЕ ФІЛАСОФІІ, ФІЗІКІ І ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРЫНЦЫПАЎ ІСНАВАННЯ ЧАЛАВЕКА І ГРАМАДСТВА (працяг артыкула)¹

Уяўленні пра энергію займалі выбітныя розумы чалавецтва заўсёды, і, мабыць, не выпадкова ў легендзе пра Атлантыду мы сустракаемся са згадваннем пра такі магутны выпраменьвальнік энергіі, які здзяйсняў разломы зямной паверхні. Гіганцкі крышталёвы вышэйшае дасягненне атлантычнай цывілізацыі – быў створаны, калі атланты змаглі ўтаймаваць сонечную энергію з дапамогай малых Крышталёў. І дагэтуль паняцце энергіі ў навуцы застаецца цэнтральным.

Кожны этап развіцця прыродазнаўства выстаўляе новыя праблемы, рашэнне якіх напайняе дадзеную катэгорыю (энергію) новым сэнсам, што мяркуе правядзенне новага філасофскага аналізу яе зместу і шырокага практычнага ўжывання як агульнай меры розных формаў руху матэрыі. Пры гэтым трэба мець на ўвазе, што ўсе канкрэтныя віды энергіі эквівалентныя і пры вызначаных умовах узаемазамяняльныя. Узаемазамяняльнасць энергетычных рэсурсаў пры іх выкарыстанні – адна з галоўных праблем сучаснай практычнай энергетыкі.

Энергетыка – гэта галіна прамысловасці, якая служыць для атрымання, пераўтварэння, размеркавання і выкарыстання энергетычных рэсурсаў усіх відаў. Галоўнай мэтай гэтай сістэмы з'яўляецца забеспячэнне вытворчасці, транспарту і быту энергіяй шляхам пераўтварэння першаснай энергіі ў другасную.

Энергія заўсёды адыгрывала важную ролю ў жыцці людзей. Усё жыццё і дзейнасць чалавека звязана з тратай энергіі. Пры гэтым будучыню чалавецтва нельга ўявіць сабе без шырокага выкарыстання ядзернай і тэрма-ядзернай энергіі. Насельніцтва Зямлі расце, рэсурсы, у першую чаргу запасы арганічнага паліва, памяншаюцца. Аб'ёмы спажывання гэтага паліва ўзрастаюць. У будучым па меры вычэрпвання багатых радовішчаў карысных выкапняў чалавецтва будзе вымушана больш інтэнсіўна шукаць новыя тыпы паліва і эфектыўна выкарыстоўваць узнёўляльныя віды энергіі.

Сусветнае спажыванне энергіі стала вельмі інтэнсіўным: калі першабытны чалавек спажываў ~ 8 МДж/сут, то на сучасны момант гэта лічба ўзрасла да ~ 1000 МДж/сут. І не толькі вучоныя, але звычайныя людзі ўсведамляюць, што ў свеце адбываецца нешта вельмі сур'ёзнае, магчыма, незваротнае.

Вядома, што спажыванне энергіі рэзка павялічваецца з навукова-тэхнічным і культурным прагрэсам. Сёння ў сярэднім кожны жыхар нашай планеты «спажывае» каля дзвюх тон нафтавага эквіваленту ў год. Пры гэтым назіраецца не толькі рост колькасці насельніцтва, але і «спажывецкія энергетычныя апетыты». Па адзнаках экспертаў, ужо ў сярэдзіне цяперашняга стагоддзя колькасць зямлян складзе ~ 10 мільярдаў чалавек, а сукупная патрэбнасць энергіі можа дасягнуць 18–25 мільярдаў тон нафтавага эквіваленту.

Па прагнозах аналітыкаў, недалёка той час, калі багаццяў нетраў, а дакладней выкапнёвых запасаў асноўных прыродных энер-

¹ Пачатак артыкула надрукаваны ў часопісе «Весці БДПУ». Серыя 3. 2014. № 4.

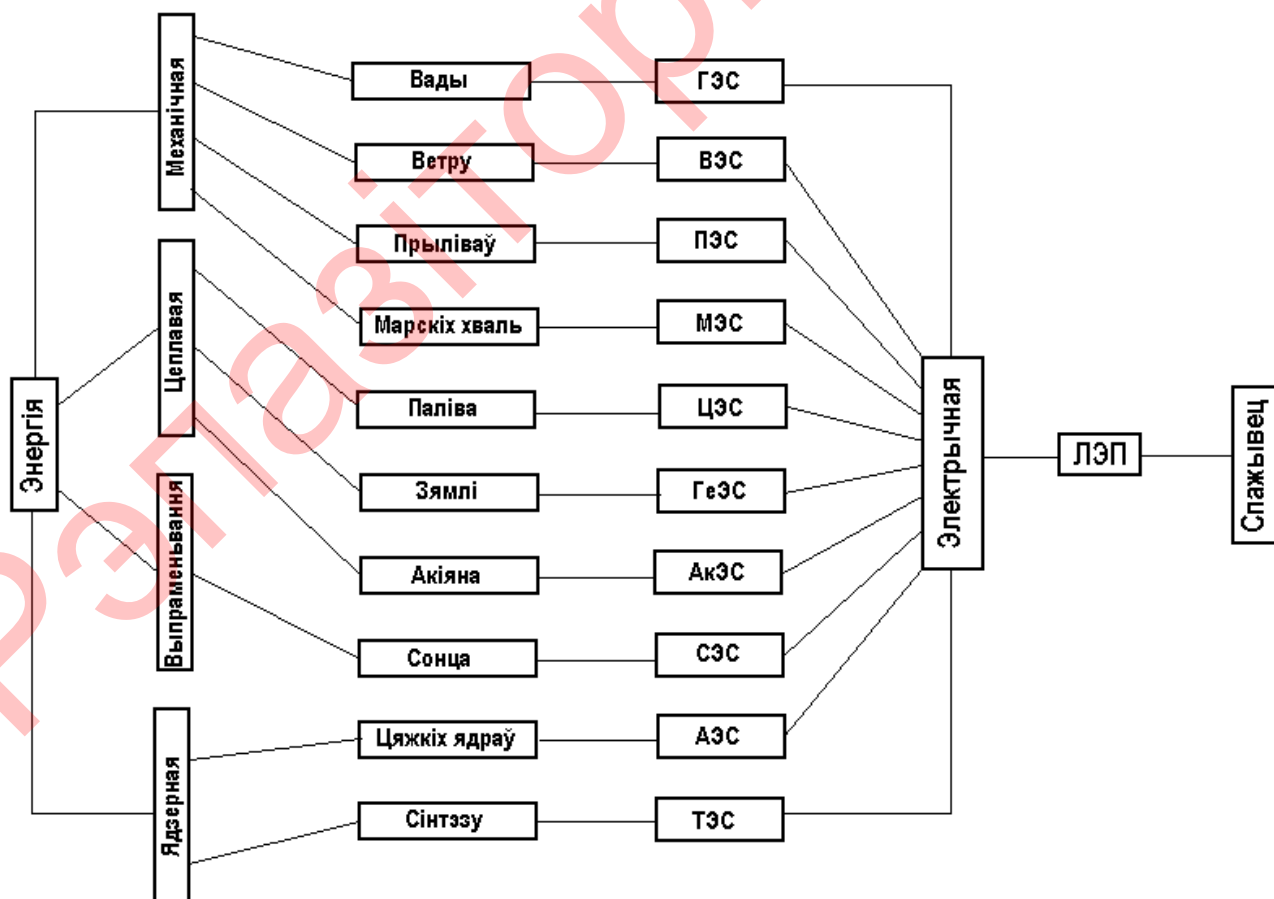
гетычных рэсурсаў: вугалю, нафты і прыроднага газу, – будзе не хапаць для забеспячэння чалавецтва неабходнай энергіяй. Памяншэнне запасаў арганічных відаў паліва і відавочны недахоп іх у асобных краінах выклікае неабходнасць стварэння энергетычных устаноў, якія выкарыстоўваюць энергію вады, ветру, прыліваў, марскіх хваль, акіяна, Сонца ў яе розных выглядз і цеплавую энергію, якая вылучаецца ў зямной кары пры глыбінных працэсах. Гэта энергія бесперапынна аднаўляецца і практычна невычэрпная. Усе тыпы энергіі, як правіла, з дапамогай адпаведных станцый ператвараюцца ў электрычную, якая па лініях электраперадач (ЛЭП) даходзіць да спажываўца (рысунак 1).

Энергія вады – адзін з самых таных і самых экалагічна чыстых энэргарэсурсаў. Ён аднаўляецца ў тым сэнсе, што вадасховішчы перыядычна папаўняюцца рачной і дажджавой вадой. На гідроэлектрастанцыях (ГЭС) выкарыстоўваецца патэнцыяльная энергія вады, якая назапашваецца з дапамогай плаціны. Гідроэнергетыка дае амаль 30 % электраэнергіі, якая выкарыстоўваецца ва ўсім свеце. Самыя магутныя ГЭС у Расіі: Краснаярская (6000 МВт) і Братская (4100 МВт). У ЗША

электрастанцыя ў Грэнд-Кулі мае магутнасць 6480 МВт.

У Беларусі, як правіла, будуецца і эксплуатуецца малыя ГЭС, магутнасць якіх каля 20–30 МВт. Такіх міні-ГЭС у нашай краіне ўжо налічваецца каля 30. Па разліках, патэнцыяльная магутнасць усіх вадацёкаў Беларусі складае 850 МВт, у тым ліку тэхнічна даступная – 520 МВт, а эканамічна мэтазгодная – 250 МВт. Паводле Канцэпцыі энергетычнай бяспекі Рэспублікі Беларусь, да 2020 г. за кошт гідрарэсурсаў можна атрымаць да 0,8–0,9 млрд кВт·гадз у год і, адпаведна, замясціць 220–250 тыс. тон умоўнага паліва.

Энергія ветру – гэта аднаўляльная кінетычная энергія паветраных мас у зямной атмасферы. Запасы энергіі ветру больш за сто разоў перавышаюць запасы гідроэнергіі ўсіх рэк планеты. Агульная магутнасць усіх ветрагенератараў свету складае каля 157 ГВт. Ветраныя электрастанцыі ўсяго свету вырабляюць ~ 200 млрд кВт·гадз электраэнергіі, што складае прыкладна 1,3 % яе сусветнага спажывання. Да плюсаў ветравых электрастанцый можна аднесці тое, што яны не забруджваюць навакольнае асяроддзе.



Рысунак 1 – Рух энергіі да спажываўца

Беларусь валодае значным ветразэнергетычным патэнцыялам. Ён ацэньваецца ў 1600 МВт. На тэрыторыі нашай краіны выяўлена каля 1840 пляцовак, дзе можна будаваць ветразэнергетычныя станцыі і нават ствараць ветразэнергетычныя паркі. Гадавая выпрацоўка электраэнергіі можа дасягаць 6,5 млрд кВт · гадз. Пры гэтым эканамічна выгадна ўжываць энергію ветру ў зонах з сярэднегадавой скорасцю ветру вышэй за 5 м/с. Для гэтай мэты вельмі добра падыходзяць узвышаныя раёны большай часткі поўначы і паўночнага захаду Беларусі, цэнтральная зона Мінскай вобласці, а таксама Віцебскае ўзвышша.

Энергія марскіх прыліваў – гэта патэнцыяльная энергія вады, якая назапашваецца з дапамогай адпаведнай плаціны ў час прыліваў і адліваў. Падлічана, што агульная яе колькасць складае каля $70 \cdot 10^{12}$ МВтгадз у год. Для параўнання: гэта прыкладна столькі ж, колькі здольныя даць разведаныя запасы каменнага і бурага вугалю, разам узятых. Першая прыліўная электрастанцыя магутнасцю 240 МВт была пабудавана ў 1966 г. у Францыі ў вусці ракі Ранс, якая ўпадае ў праліў Ла-Манш, дзе сярэдняя амплітуда прыліваў складае 8,4 м. На сённяшні дзень створаны праекты буйных ПЭС: магутнасцю 4000 МВт – Мезенская на Белым моры і Кольская – магутнасцю 330 МВт. Перавагамі ПЭС з’яўляецца экалагічнасць і нізкі сабекошт вытворчасці энергіі. Недахопамі – высокі кошт будаўніцтва.

Энергія марскіх хваль – уяўляе сабой сканцэнтраваную праз энергію ветру сонечную энергію выпраменьвання. Згодна з гідрадынамічнай тэорыяй, энергія хвалі складаецца з кінетычнай энергіі E_k часціц вадкасці, якія ўдзельнічаюць у хвалевым руху, і патэнцыяльнай энергіі E_p , вызначанай становішчам масы вадкасці, паднятай над узроўнем спакойнай паверхні. У параўнанні з ветравай і сонечнай энергіяй энергія хваль валодае значна большай удзельнай магутнасцю. Так, сярэдняя магутнасць хвалявання мораў і акіянаў, як правіла, перавышае 15 кВт/м. Кэфіцыент пераўтварэння хвалевай энергіі ў механічную і электрычную складае каля 85 %, таму краіны з вялікай працягласцю ўзбярэжжа і сталымі моцнымі вятрамі, напрыклад Вялікабрытанія і Ірландыя, могуць генерываць да 5 % неабходнай электраэнергіі, выкарыстоўваючы энергію хваль.

Энергія паліва – гэта энергія хімічнай рэакцыі паміж гаручымі элементамі (часцей за ўсё гэта вуглярод і вадарод) і кіслародам, якая называецца гарэннем. У выніку гэтага

працэсу вылучаецца цеплыня. Цеплыня ўяўляе сабой унутраную энергію хаатычнага руху атамаў і малекул. Найбольш важнымі гаручымі матэрыяламі з’яўляюцца злучэнні вугляроду, вадароду і кіслароду, да якіх адносяцца прыродныя палівы, такія, як торф, каменны вугаль, прыродны газ і нафта, а таксама іх цвёрдыя, вадкія і газападобныя прадукты. Існуюць тры асноўныя тыпы выкапнёвых энерганосьбітаў: вугаль, нафта і прыродны газ. Эксперты сцвярджаюць, што гадавое спажыванне нафты ў свеце да 2018 г. дасягне 3 млрд тон, таму геалагі лічаць, што да 2030 г. будзе вычарпана каля 80 % яе разведаных сусветных запасаў. Па прагнозах, запасаў вугалю павінна хапіць яшчэ на 420 гадоў. Але калі спажыванне будзе расці цяперашнімі тэмпамі (больш за 2,5 млрд тон у год), то яго запасаў хопіць толькі на 200 гадоў. Сучасная цеплаэнергетыка на базе нафты выпрацоўвае 39 % усёй электраэнергіі свету, на базе вугалю – 27 %, газу – 24 %.

Пошукі альтэрнатывы арганічнаму паліву прывялі да таго, што ў шматлікіх краінах усё большай папулярнасцю пачала карыстацца біямаца. З дапамогай цвёрдых адыходаў прамысловасці можна атрымаць энергію, якая адпавядае прыкладна 3 % спажываемай нафты і 6 % прыроднага газу. На біямасу – драўніну і арганічныя адыходы – прыходзіцца каля 14 % поўнага спажывання энергіі ў свеце.

У перспектыве драўніна і адыходы лесаперапрацоўкі могуць забяспечыць да 10 % патрэбнасці Беларусі ў паліўна-энергетычных рэсурсах. У 2004 г. урадам Беларусі была прынята праграма па забеспячэнні да 2012 г. вытворчасці 25 % неабходнай краіне энергіі з мясцовых відаў паліва.

Геатэрмальная энергія – гэта энергія ўнутраных абласцей Зямлі. Навукоўцы ацэньваюць тэмпературу ядра Зямлі ў 50000 °С. Магутнасць цеплавога патоку ад цэнтра планеты да яе паверхні прыблізна ў 4000 разоў меншая за магутнасць сонечнай радыяцыі, што паступае на Зямлю, але ў 20 разоў большая за магутнасць электрастанцый усіх краін свету. У канцы 2008 г. сумарная магутнасць геатэрмальных электрастанцый ва ўсім свеце вырасла да 10,5 ГВт. Значным вытворцам геатэрмальнай электраэнергіі з’яўляюцца ЗША. Сумарная магутнасць 77 геатэрмальных электрастанцый ЗША складае ~ 3,1 ГВт. Геатэрмальная энергія можа быць выкарыстана двума асноўнымі спосабамі – для выпрацоўкі электраэнергіі і для абагравання жыллёвага фонду, устаноў і прамысловых прадпрыемстваў.

У Рэспубліцы Беларусь асноўныя запасы гарачых падземных вод, тэмпература якіх дасягае $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, знаходзяцца ў Гомельскай вобласці на вялікіх глыбінях $\sim 5\text{--}6$ кіламетраў. Па прагнозах спецыялістаў, з улікам сучасных тэхналогій у Беларусі можна ўзвесці сотні геатэрмальных станцый. Першую ў краіне геатэрмальную станцыю плануецца адкрыць пад Брэстам для цяплічнага камбіната «Бярэсце», дзе ўжо прабурана свідравіна глыбінёй у $1,5\text{ км}$, з якой можна пампаваць ваду тэмпературай у $25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Энергія акіяна – гэта энергія тэмпературнага градыента пластоў вады акіяна. Яе патэнцыяльны рэсурс складае каля 10 ГВт у год. Практычныя сістэматычныя даследаванні ў вобласці атрымання энергіі з прычыны рознасці тэмператур вады ў паверхневых і глыбінных пластах акіяна пачаліся толькі пасля 1973 г. Эксперыментальныя ўстаноўкі па атрымання энергіі акіяна працуюць, як правіла, там, дзе рознасць тэмператур каля паверхні вады і на глыбіні каля кіламетра складае $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Спецыялісты лічаць, што крытычная тэмпературная рознасць, пры якой акіянскія электрастанцыі становяцца рэнтабельнымі, павінна быць роўнай $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Па меркаваннях спецыялістаў, электрастанцыі магутнасцю $200\text{--}400\text{ МВт}$, зманціраваныя на плывучых платформах, знойдуць ужыванне ў якасці фабрык па здабычы карысных выкапняў з акіяна.

Энергія Сонца – гэта энергія яго выпраменьвання, якая ўзнікае ў выніку ўтварэння ядраў гелію пры сінтэзе ядраў вадароду. Умовы, пры якіх магчыма ядзерная рэакцыя сінтэзу, рэалізуюцца ў цэнтральнай вобласці Сонца, дзе тэмпература дасягае $1,3 \cdot 10^7\text{ К}$. Цэнтральная вобласць Сонца – яго актыўная зона, дзе працякаюць тэрмаядзерныя рэакцыі, яе памеры складаюць $0,3$ ад бачнага сонечнага дыска. Магутнасць сонечнага выпраменьвання, якое ідзе ў напрамку да планеты Зямля, характарызуецца сонечнай пастаянай, якая вызначае колькасць энергіі, што праходзіць праз адзінкавую пляцоўку, размешчаную за межамі зямной атмасферы і перпендыкулярную сонечным праменям, за адзінку часу ($C \approx 1,4\text{ кВт/м}^2$). Па разліках спецыялістаў, колькасць сонечнай энергіі, якая дасягае паверхні зямлі за 3-е сутак, эквівалентна ўсёй энергіі, засяроджанай у сусветных запасах вугалю, нафты і прыроднага газу. Прамое пераўтварэнне сонечнай энергіі ў электрычную можа быць ажыццёўлена ў выніку выкарыстання фотаэлектрычнага эфекту, а ўскоснае – шляхам канцэнтрацыі сонечнага выпраменьвання на рэсівер люстэркамі, з мэтай ператварэння вады ў пару і наступнага

выкарыстання пары для генерывання электрычнасці з дапамогай цеплавой турбіны. У сонечнай энергіі дзве асноўныя перавагі. Па-першае, яе шмат і яна адносіцца да аднаўляльных энергарэсурсаў, па-другое, яе выкарыстанне не прыводзіць да непажаданых экалагічных наступстваў.

Па метэаралагічных дадзеных, у Рэспубліцы Беларусь у сярэднім 250 дзён у годзе пасмурных, 85 – са зменнай воблачнасцю і 30 – ясных, а сярэднегадовае паступленне сонечнай энергіі на зямную паверхню з улікам начэй і воблачнасці складае $\sim 10\text{ МДж/м}^2$ за суткі, што эквівалентна $2,8\text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$.

Атамная энергія – энергія, якая выпраменьваецца пры дзяленні цяжкіх ядраў. Пры дзяленні кожнага ядра на два асколкі выпраменьваецца каля 200 МэВ энергіі. Працэс дзялення выклікае разгалінаваную ланцуговую рэакцыю, носьбітамі якой служаць нейтроны. Калі скорасць размнажэння нейтронаў кампенсуе скорасць страт нейтронаў і эфектыўны каэфіцыент размнажэння нейтронаў роўны адзінцы, то ланцуговая ядзерная рэакцыя ідзе ў стацыянарным рэжыме. У сучасных энергетычных рэактарах, заснаваных на прынцыпе ядзернага дзялення, у якасці паліва выкарыстоўваецца ўран. Уран здабываецца з зямных нетраў, перапрацоўваецца і ўзбагачаецца; у паліве для атамнага рэактара канцэнтрацыя ізатопа ўрану з масавым лікам 235 павінна складаць $3\text{--}5\%$. Агульны аб'ём разведаных запасаў урану ў свеце вельмі значны і забяспечвае перспектывы запатрабаванні атамнай энергетыкі як мінімум на 85 гадоў наперад. Асноўнымі вытворцамі ўрану з'яўляюцца Канада, Аўстралія, Казахстан, Расія і Нігерыя. Сусветнымі лідарамі па вытворчасці электраэнергіі на АЭС з'яўляюцца ЗША, Францыя ($\sim 80\%$) і Японія.

15 студзеня 2008 г. на пасяджэнні Савета бяспекі Рэспублікі Беларусь, якое праходзіла пад старшынствам кіраўніка дзяржавы, было прынята рашэнне аб будаўніцтве ў краіне ўласнай атамнай электрастанцыі. На Беларускай АЭС будуць два асобныя ў мэтах павышэння надзейнасці і бяспекі энергаблокі з рэактармі тыпу ВВЭР магутнасцю 1000 МВт (эл.) кожны. Ахалоджванне вады будзе адбывацца праз градзірні. Згодна з планам, першы блок АЭС павінен быць уведзены ў строй у 2016 г., другі – не пазней за 2018 г. Пляцоўка для будоўлі АЭС выбрана ў Астравецкім раёне. На поўную магутнасць станцыя будзе выведзена да 2020 г., што дазволіць павялічыць долю АЭС у вытворчасці электраэнергіі да 30% .

Энергія ядзернага сінтэзу – гэта энергія, якая атрымліваецца ў выніку ўтварэння цяж-

кіх ядраў з лёгкіх. Гэты працэс называецца рэакцыяй ядзернага сінтэзу, які эканамічна выгадна працякае пры награванні сумесі лёгкіх ядзер да тэмпературы $\sim 10^8$ К. Пры сінтэзе дэйтэрыю і трытыю выпраменьваецца калі 3,5 МэВ на адзін нуклон, а пры дзяленні ядзер урану – $\sim 0,85$ МэВ. Бачна, што эфектыўнасць тэрмаядзерных рэакцый амаль у 4 разы большая за рэакцыі дзялення цяжкіх ядраў. Энергія ядраў дэйтэрыю, якія знаходзяцца ў 1 м^3 вады, роўная прыкладна $3 \cdot 10^{12}$ Дж. Інакш кажучы, 1 м^3 марской вады ў прыцыпе можа даць столькі ж энергіі, як і 200 т нафты сырцу. Такім чынам, сусветны акіян з'яўляецца практычна неабмежаванай крыніцай энергіі. Даследаванні ў галіне кіруемага тэрмаядзернага сінтэзу вядуцца ў двух асноўных напрамках. Адзін з іх – утрыманне плазмы магнітным полем, як бы ў магнітнай пастцы. Другі – імгненнае награванне дэйтэрый-трытывай сумесі прамянём магутнага лазера. Калі ў будучыні атрымаецца ажыццявіць кіруемую тэрмаядзерную рэакцыю – сінтэз ядраў гелію з вадародам, – то паліва для вытворчасці электраэнергіі мы будзем мець практычна ў неабмежаванай колькасці.

Такім чынам, тыпы энергіі, іх характарыстыкі і працэсы атрымання, якія разглядаліся вышэй, паказваюць, што энергія – гэта неад’емная ўласцівасць матэрыі, якая праяўляецца пры яе руху і ўзаемадзеянні і з’яўляецца колькаснай мерай гэтых фізічных атрыбутаў. Але не трэба забываць аб яе эфектыўным выкарыстанні. Вядома, што значная коль-

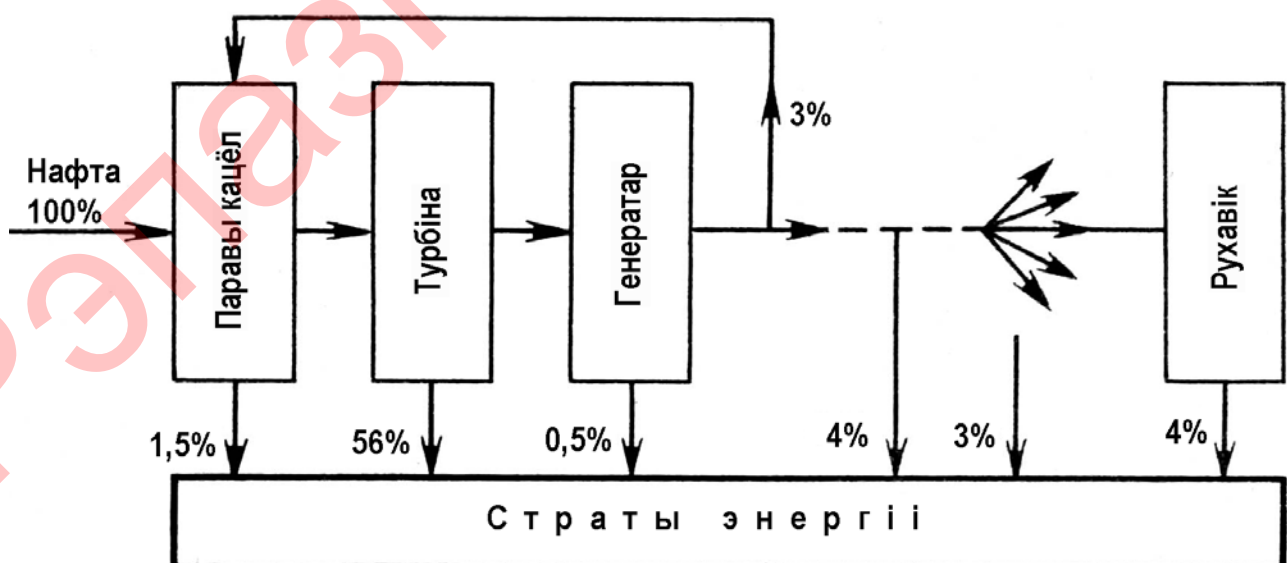
касць энергіі з-за трэння ператвараецца ў цеплыню, што прыводзіць да памяншэння карыснай магутнасці і каэфіцыента карыснага дзеяння.

Наприклад, згодна з розліками спеціаліста, коефіцієнт кариснага дзеяння цеплавой электрастанцыі складае 28 %, аб чым сведчыць схема, прыведзеная на рысунку 2. Пры гэтым 58 % – складае страту ўнутранай энергіі паліва ў катле, турбіне і электрагенератары; 3 % – спажывае сама станцыя; 7 % – губляецца на ЛЭП; 4 % – спажывае электрапрахавік.

Таму мэтазгодней ператвараць энергію энерганосьбітаў у электрычную, абыходзячы стадыю цеплыні, паколькі электрычная энергія можа быць з добрым ККД выкарыстана спажывцом.

У сучасных умовах 80–85 % енергії атрим-
лівають пры выкарыстанні неаднаўляльных
энергарэсурсаў. Пры гэтым пераўтварэнне
паліва ў канчатковыя віды энергії звязана са
шкоднымі выкідамі цвёрдых часціц, газапа-
добных злучэнняў, а таксама вялікай коль-
касці цеплыні, якія ўздзейнічаюць на нава-
кольнае асяроддзе.

Таму важнай тэндэнцыяй дадзенага стагоддзя павінна стаць хуткае развіццё нетрадыцыйнай і аднаўляльнай энергетыкі, доля якой, па прагнозах, пры спрыяльных умовах да 2030 г. можа дасягнуць амаль 25 % усіх першасных энергарэсурсаў у свеце, а да сярэдзіны XXI ст. ~ 50 %.



Рисунак 2

Як бачна з вышэйпададзенага, энергія адыгрывае першасную ролю і ў філасофіі, і ў фізіцы, і ў жыцці. Калі ў філасофіі – гэта катэгорыя, у фізіцы – паняцце, то ў жыцці – гэта мера руху матэрыі, якая вызначае рэальнае ўзаемадзеянне цел (часціц), у выніку якога, з вызначаным КҚД, здзяйсняюцца пераўтварэнні, так неабходныя для існавання прыроды і развіцця грамадства. Энергія – гэта рухавік матэрыяльнага свету!

ЛІТАРАТУРА

1. Белорусская энергетическая система. – М., 1992. – С. 138–158.
2. Герасимова, А. Энергетика Беларуси: пути развития / А. Герасимова, В. Ермакевич, Д. Жуков. – Минск : Исследовательский центр ИПМ, 2006. – С. 147–153.
3. Ветроэнергетические установки малой мощности / В. И. Коваленко [и др.]. – 1993. – С. 187–195.
4. Михалевич, А. А. Энергетика Республики Беларусь: проблемы и перспективы / А. А. Михалевич. – Минск, 1994. – С. 166–178.
5. Рыбалко, В. К. Экспериментальная станция по использованию возобновляемых источников энергии / В. К. Рыбалко. – 1993. – С. 201–224.
6. Свалкин, В. Ф. Энергетика и окружающая среда / В. Ф. Свалкин, А. А. Капаев, И. З. Кропп. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – С. 54–62.

SUMMARY

The author of the article cogently indicates points that physics forms stable foundation of all natural science and influences the process of an educated specialist composing.

Паступіў у рэдакцыю 08.05.2014 г.